

不確定性を考慮した RC 構造物の動的応答に関する基礎的研究

鹿児島大学工学部 学生員 ○荒川勝広
 鹿児島大学工学部 正会員 河野健二

1. はじめに

構造物の複雑化、大型化が見られる現在、構造物全体系の動的外力に対する安全性を評価する場合、作用する動的荷重や構造強度の不確定性の影響を明らかにすることが必要となっている。構造物の応答が非線形性をともなう場合、最大応答を推定する手法としてモンテカルロシミュレーション(MCS 法)の適用が有用である。そこで本研究では、MCS 法を用い構造物の安全性を評価する上で重要である構造物の材料強度の不確定性が構造物の最大応答に及ぼす影響を明確にすることを目的とし、不確定量が応答特性に及ぼす影響について検討を加えた。

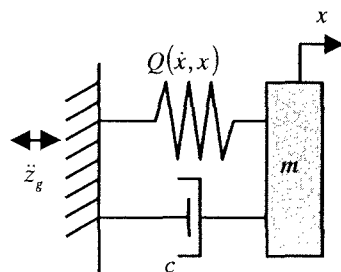


図-1 解析モデル

2. 解析概要

解析モデルは図-1 に示すような基礎を固定とした 1 自由度系の解析モデルを使用した。この場合の運動方程式は次式で表される。

$$\ddot{x} + 2\beta_0\omega_0\dot{x} + Q(\dot{x}, x) = -\ddot{z}_g$$

$$\frac{c}{m} = 2\beta_0\omega_0, \quad \frac{k}{m} = \omega_0^2$$

$Q(\dot{x}, x)$ は復元力の履歴特性を表す関数であり、本解析では RC 構造物を対象としているので、図-2 に示す武田モデルを適用した。 m は構造物の質量、 c は構造物の減衰係数、 k は弾性域の剛性、 β_0 は弾性域の減衰定数、 ω_0 は弾性域の固有振動数とそれぞれ示している。入力地震波は兵庫県南部地震-南北方向波(以下 KOBE-NS と示す)を用い

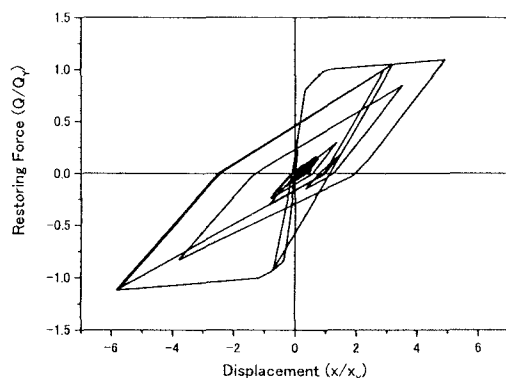


図-2 変位-復元力モデル

最大地震加速度を 500gal と設定した。本解析では構造物の応答に及ぼす不確定量として弾性域の固有振動数および降伏変位を取り扱う。それぞれの不確定量は簡単のために独立なものと考慮した。それぞれ変動係数 5% を有する正規乱数として、時刻歴応答解析を行う毎に与えることにより、多数回の応答解析によりそれぞれの最大値の平均値やその分散を計算すると、それぞれの確率変数が最大応答に及ぼす統計量を求めることができる。ここではシミュレーション回数は 1000 回とした。解析方法については Newmark の β 法を用いた。

3. 解析結果

図-3、図-4 はそれぞれ固有振動数、降伏変位について変動係数 5% を有する確率変数として、モンテカルロシミュレーションを行った結果である。図-3 は最大変位について累積確率密度分布を示し、図-4 は最大復元力について、横軸は最大変位および最大復元力の変動を考慮しない場合の最大変位および最大復元力で除して、基準化を行い示した。それぞれの(a)は固有振動数について、(b)は降伏変位を確率変数とした場合の結果である。また、構造物の線形時の固有周期を 0.5 秒、1.0 秒と 2 通りの場合について結果を示した。固有周期 0.5 秒の場合と 1.0 秒の場合とで比較すると、図-3 の最大変位の分布は(b)の場合で顕著な相違が認められる。一方、図-4 ではほとんど固有周期の相違は認められなかった。これは復元力が降伏点を超えると著し

い復元力の増加はないが、変位は降伏点を超えると変位が大きく増加する場合も考えられるためである。次に図-3、図-4の(a)および(b)で比較を行う。変位についても復元力についても固有振動数に変動を与えた場合は1.0の付近でしか分布はないが、降伏変位に変動を与えた場合は最大応答に大きな散らばりを有する傾向が認められる。これは降伏後の挙動は線形時の固有振動数よりも降伏変位の変動に大きく依存するためであると考えられる。図-5はそれぞれの最大変位および最大復元力の平均値と変動係数を示したものである。変動係数はそれぞれの値を確率変数の変動係数5%で除してある。平均値についてはどの場合もほとんど1.0の値であり、変動を考慮しない場合と比べて大きな相違は認められないが、変動係数については固有振動数および降伏変位の変動係数を5%与えたにも関わらず、固有振動数の変動を考慮した場合の復元力は2倍程度という値を示しており平均値のまわりに広く分布していることがわかる。これは図-4からも認められる。以上の結果から固有周期が短い場合と長い場合についても、また非線形パラメータの変動でも最大応答値の分布は異なるものになるため、材料の非線形性を考慮した部材の安全性照査を行うには注意が必要である。

4. まとめ

今回、MCS法を用い構造物の安全性を評価する上で重要である構造物の材料強度の不確実性が構造物の最大応答に及ぼす影響を明確にすることを目的とし、不確定量が応答特性に及ぼす影響について検討を加えた。その結果、固有周期の違いは最大変位の分布に大きく現れ、最大復元力にはほとんど影響は現れなかった。固有振動数と降伏変位の変動を考慮した場合は降伏変位の変動が最大応答の分布に大きく現れ、固有振動数の

変動は最大応答の分布にほとんど影響を与えない。最大応答値の平均値と変動係数では平均値についてはほとんど、変動を考慮しない場合と相違はないが、最大復元力は平均値まわりで幅広く分布することもある。

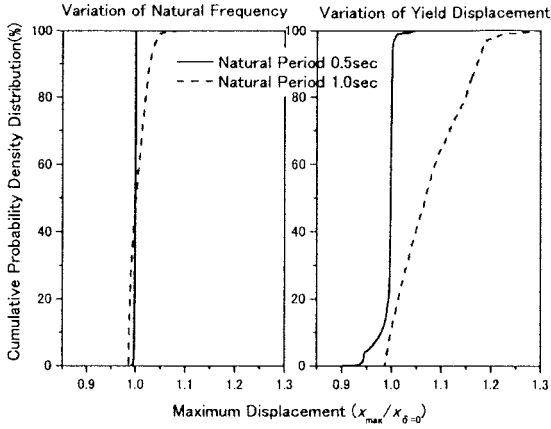


図-3(a) 累積確率密度分布 図-3(b) 累積確率密度分布
(最大変位) (最大変位)

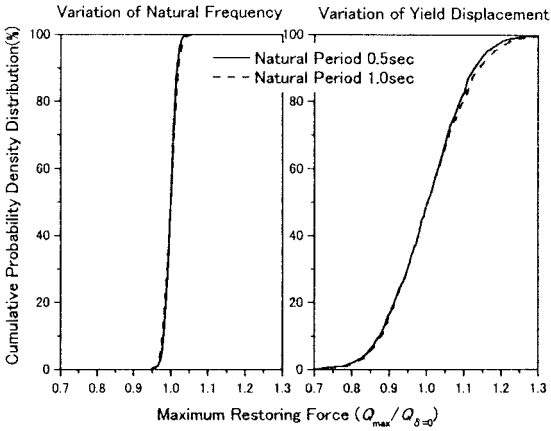


図-4(a) 累積確率密度分布 図-4(b) 累積確率密度分布
(最大復元力) (最大復元力)

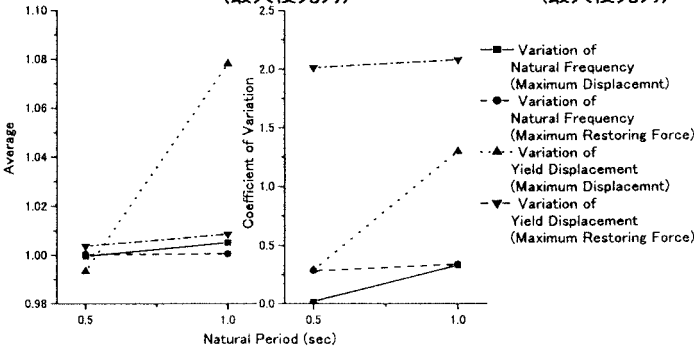


図-5 平均値および変動係数